

力学的挙動からみたプラスチックの耐候性に関する研究

| | |
|-----|---|
| 著者 | 鈴木 智 |
| 号 | 524 |
| 発行年 | 1980 |
| URL | http://hdl.handle.net/10097/11473 |

| | |
|---------------|---|
| 氏 名 | 鈴 木 智 |
| 授 与 学 位 | 工 学 博 士 |
| 学 位 授 与 年 月 日 | 昭 和 56 年 1 月 14 日 |
| 学位授与の根拠法規 | 学位規則第 5 条第 2 項 |
| 最 終 学 歴 | 昭和 32 年 3 月 東北大学工学部鉱山工学科卒業 |
| 学 位 論 文 題 目 | 力学的挙動からみたプラスチックの耐候特性に関する研究 |
| 論 文 審 査 委 員 | 東北大学教授 横堀 武夫 東北大学教授 川崎 正 東北大学教授 萱場 孝雄 東北大学教授 山口 格 東北大学教授 梅屋 薫 |

論 文 内 容 要 旨

第 1 章 緒 論

第 2 次大戦後，新しいプラスチックが次々と実用化され，日用品から建材，エンジニアリングプラスチック，機能高分子と用途を拡大してきたが，それと共に，それに対する要求性能も次第に高まってきている。最近では更に省資源，省エネルギー，消費者保護といった観点から耐久性に関する見直しが要求されつつある。例えば JIS 規格においても，従来は生産された段階での品質を保証するという点に重点がおかれてきたが，最近は一定の使用期間経過後の品質をも保証するというように耐候性を織り込んだものに変えようという動きが出はじめている。

しかるに，従来の耐候性に関する研究は，あるプラスチックの，ある組成についての，ある特定の地域における屋外暴露及至はある特定の促進劣化試験などによって劣化特性を把握するととどまっており，それらの結果をもとに十分な耐久性をもった製品を設計したり，更には材料規格，製品規格を作成したりすることは非常に困難であった。

本研究では，これらの問題を解決するために，基本的組成をもった 6 種の汎用熱可塑性プラスチックについて長期にわたる全国規模の屋外暴露試験を実施して力学的特性の経時変化傾向の地域差を把握するとともに，各種の促進劣化試験機を用いて促進試験を行い，劣化傾向を比較検討し，屋外暴露と促進試験の結果について相関関係を求めた。また組成を変えた場合の劣化傾向の

変化，二，三のプラスチック製の実製品の耐候性についても検討を加えた。

さらに，FRPについても，上と同じ観点から検討を加えた。

これらの結果をふまえて，今後耐候性をもりこんだ材料設計，製品設計への指針を与えるとともに，材料規格，製品規格を制定する場合の指針をも与えることができた。

また，今後，耐候性未知の新しい組成をもった製品を開発しようとする場合，本研究で用いた劣化傾向既知の基本組成をもった試料と，その未知試料を同時に，短期の屋外暴露や，促進試験を行うことにより，既知製品の劣化傾向を手がかりに未知製品の劣化傾向を定量的に推定する方策をも明らかにした。

第2章 ウェザーメータ等における紫外線量の比較

プラスチックの耐候性を推知するための促進試験方法としてウェザーメータ，フェードメータが用いられている。しかし，現在市販されている試験機の形状，寸法は同一でなく，それに起因する光量の差が，劣化特性の相互比較を困難なものとしている。そこで紫外線エネルギーの装置依存性を比較するための計算式を導き，その妥当性を確かめるとともに，それを基に装置間の光量差を定量的に比較することができた。その結果は，第3章以下において，実際のプラスチックの促進劣化のデータにおける機差の生ずる原因を解明するのに役立った。

第3章 代表的組成をもった汎用熱可塑性プラスチック板の屋外暴露，促進試験による引張，曲げ特性の変化

代表的な組成をもった6種の汎用熱可塑性プラスチック板（ポリスチレン，ポリ塩化ビニル，ポリメタクリル酸メチル，ABSポリマ，ポリアセタール，ポリエチレン）を選び，北は札幌から南は那覇まで全国の4か所の地点において4～5年にわたり屋外暴露を行い，引張，曲げ特性を中心に経時変化傾向を把握すると共に地域差を求めた。同時に7種の促進劣化試験機を用い，それぞれの機種について最高2,000時間の促進劣化試験を行い，同じく力学的特性の経時変化傾向を求めると共に機差を求めた。さらに屋外暴露と促進試験の結果の相関関係についても比較検討し，各樹脂別，各特性別に促進係数を求めた。これから次の結論を得た。

(1) 屋外暴露試験においては，ポリメタクリル酸メチルを除く5種の樹脂において，おおむね緯度順の地域差を認めた。またポリ塩化ビニルとポリエチレンの2種に大気汚染度の高い地域で劣化が促進される現象が認められた。

(2) 促進劣化試験においては，樹脂別，特性値別に最大の劣化促進性を示す機種が異なることがわかった。

(3) (1)，(2)の結果をもとに劣化速度式を求めると共に，見掛けの速度常数または特性値が初期の2分の1及至3分の1になる点で比較して屋外暴露と促進試験の劣化時間との関係を定量的に求めることができた。その結果の一例を表1に示す。

表 1 屋外暴露地、促進試験機の劣化促進係数

| | 種 類 特 性 値 | ポリスチレン 引張破断伸び | ポリ塩化ビニル 引張破断伸び | ポリメタクリル酸メ チル数平均分子量 | A B S ポリマ 曲げ最大たわみ | ポリアセタール 劣化層厚さ | ポリエチレン 劣化層厚さ |
|---------------------------------|---------------------|------------------|-------------------|-----------------------|----------------------|------------------|-----------------|
| 屋 外 暴 露 | 札 銚 | 0.91 | 0.81 | 0.86 | 1.1 | 0.87 | 1.04 |
| | 銚 子 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.0 | 1.00 | 1.00 |
| | 横 浜 | 0.94 | 1.56 | 0.95 | | 0.71 | 1.15 |
| | 那 覇 | 1.53 | 1.43 | 1.55 | | 1.00 | 1.85 |
| ウ エ ザ ー メ ー タ | キ セ ノ ン 型 | | 8.6 | | | | 4.4 |
| | 紫 外 線 カ ー ボ ン 型 | | 7.2 | 8.8 | 3.1 | 8.3 | |
| | サンシャイン カ ー ボ ン 型 | 11 | | | 3.6 | 12 | 7.3 |
| | デューサイクル 型 | | | | | | |
| フ エ ィ ド メ ー タ | キ セ ノ ン 型 | | 12 | 16 | | | |
| | 紫 外 線 カ ー ボ ン 型 | | | 10 | | | |
| | サンシャイン カ ー ボ ン 型 | 9.0 | | | 3.1 | 8.0 | 8.1 |

※ 標準暴露場である銚子を基準にとった。

第 8 章 代表的組成をもったFRP板の屋外暴露による引張、曲げ及び疲労特性の変化

3種のFRPの板（プレス成形、手積成形）を試作し、3か年にわたる屋外暴露を行い、暴露後に引張、曲げ、疲労の各特性の変化を測定した。その結果、次の結論を得た。

(1) 手積成形の場合、後硬化現象による特性向上と、暴露による特性低下とが起るが、前者の方が優勢なため静的強度の低下が認められないが、プレス成形の場合、後硬化現象の程度が低いため、3年後で約5％程度の強度低下が認められた。

(2) 暴露後の試験体の疲労特性に大きな変化は認められないが、ロービングクロスを用いた試験体では暴露3年後に15％程度の疲労特性の低下が認められた。

第 9 章 FRP板の屋外暴露による曲げ特性の変化に及ぼす配合・組成の影響

組成を変えたFRP板を作り5か年にわたり屋外暴露試験を行い、次の結果を得た。

(1) 耐燃焼性を付与した配合の試験体の一部に硬化が不十分なものがあつた為、後硬化現象による強度の大幅な向上が認められた。

(2) しかし、一般には耐熱焼性を向上させる為の配合は耐候性の低下を招くことがわかった。

第4章 代表的組成をもった汎用熱可塑性プラスチック板の屋外暴露による疲労特性の変化

前章において用いたのと同じ6種の熱可塑性のプラスチックのうちのポリエチレンを除く5種の試験体を札幌で3か年間屋外暴露をし、その疲労特性の変化傾向を求めると共に、前章で述べた引張、曲げ特性の変化との関連についても検討した。これから、次のような結論を得た。

疲れ強さ比（疲労強さ／引張、曲げ強さ）が暴露によって変らないもの（ポリ塩化ビニル、ポリメタクリル酸メチル）もあるが、暴露によって大きく低下し、従来の文献値を用いて設計したのでは危険であるもの（ポリスチレン、ABSポリマ、ポリアセタール）もあり、それは、表面状態の変化（暴露による微細亀裂の発生）に帰因する。

第5章 熱可塑性プラスチック板の引張、曲げ特性の変化に及ぼす配合・組成の影響

ポリスチレン、ポリ塩化ビニル、ポリメタクリル酸メチルについて、配合を変えた試験体を作り、5か年にわたる屋外暴露試験を行い、経年変化傾向を比較検討した。その結果、安定剤、紫外線吸収剤等、添加剤の種類と量によって劣化速度定数は変るが、劣化の速度式の形には差がないことを明らかにした。

第6章 プラスチックフィルムの屋外暴露、促進劣化による引張特性の変化

7種のプラスチックフィルムを札幌、銚子の2か所において、3月、7月、11月と暴露開始時期を変えて屋外暴露をし、フィルム厚さ、暴露地、暴露開始時期等が引張特性（主として伸び）の劣化傾向に与える影響を検討した。その結果、劣化速度を律するのが主として紫外線量と温度であり、同じ季節で比較すると、地域差は主として紫外線量の比で決まるとして良いことを見出した。

第7章 プラスチック実製品の耐候性

水道用硬質塩化ビニルパイプの屋外耐候性試験を行い、引張、曲げ、シャルピー衝撃及び落錘衝撃の諸特性の経時変化を測定し比較検討した。その結果、落錘衝撃特性の低下は、試験体の静的引張における破断時の伸び、またはひずみエネルギーの低下に比例することを見出した。

また、灯油用ポリエチレンかん（18ℓ入り）の屋外暴露試験を旭川、銚子、那覇の3ヶ所で行い、引張特性と製品落下衝撃特性の経時変化特性を測定し比較検討した。その結果、次の結論を得た。

- (1) ポリエチレンかんの特性低下には地域差が認められ、緯度が低いほど劣化が早い。
- (2) 秋に暴露を開始した場合、各地のものとも約 3 K cal / cm^2 の紫外線量で延性を失い、落下試験に耐えなくなる。

第10章 FRP実製品の耐候性

FRP 実製品の例として、成形法の異った2種類の強化プラスチック製椅子をとりあげ、屋外暴露試験と促進劣化試験を行い、次の結果を得た。

(1) シートモールディングコンパウンド法で作ったFRP製椅子は暴露後3か年を経ても後硬化現象の為、力学的特性の低下は認められなかった。

(2) プリフォームマッチドダイ法で作ったFRP製椅子は暴露1年目では特性値の向上が認められたが、2年目以降は低下傾向に転じた。

(3) FRP製椅子の表面変化の促進試験方法として、デューサイクル型ウェザーメータの促進性が非常に高いことを見出した。

(4) しかし、強度特性に関しては、ウェザーメータによる2,000時間の照射後でも低下は全く認められず、FRPの促進試験法として無効であることがわかった。

第11章 結 論

本章は前章までに得られた結論を総括したものであるが、さらに耐候性未知の試料の耐効性の推定方法についての具体的方策とその解析方法も示した。

以 上

審 査 結 果 の 要 旨

プラスチックの自然環境条件下での経時的性能保持性、すなわち耐候性に関する研究は多いが、その系統的研究はこれまでほとんど知見されない。したがって、高耐候性材料・製品の設計基準、それらの規格の確立、耐候性の予測に関しては困難な問題が多い。本論文はこの問題解決のために基本的組成をもつ6種の汎用熱可塑性プラスチックについて力学的挙動からみた耐候性に関する系統的研究を行って得た成果をまとめたもので、全文11章から成る。

第1章は緒論であり、本研究の目的と背景を述べている。第2章ではプラスチックの耐候性の促進試験用ウェザーメータ、フェードメータの形状、寸法に起因する光量差を比較するための計算式を導き、その妥当性を確かめている。これによって装置間の光量差を定量的に比較することを可能とし、この結果は第3章以下における解析の基礎となっている。

第3章では代表的組成をもつ6種の汎用熱可塑性プラスチック板について長期にわたって全国規模で屋外暴露試験を行って引張り、曲げ特性を中心に経時的変化特性をしらべ、それに対する地域差の影響を求めている。地方、同時に促進劣化試験を7種類の試験機を用いて最高2,000時間の試験を行って同じ力学的特性の経時的変化特性、これら機種による相違をもしらべている。これらの結果から劣化速度式を求め、見掛けの速度定数で比較することによって屋外暴露試験と促進試験による劣化時間の相関関係を定量的に求めている。

第4章ではこれら諸材料について屋外暴露試験による疲労特性の経時的変化をしらべ、第3章でしらべた引張り、曲げ特性の変化との関連についても検討している。疲労強度比が低下する場合があります、これは暴露による表面微細き裂の発生に帰因することを明らかにしている。

第5章は屋外暴露試験による引張り、曲げ特性の経時的変化に及ぼす配合・組成の影響をしらべたものである。安定剤、紫外線吸収剤等添加剤の種類と量によって速度定数はことなるが同一の劣化速度式にて表わされることを明らかにしている。

第6章ではプラスチックフィルム、第7章ではプラスチック実製品について屋外暴露試験を行い、それぞれ引張り特性及び引張り、曲げ、衝撃の諸特性の経時的変化をもとめている。

第8章では代表的組成をもつFRP板について、第9章ではそれに及ぼす配合・組成の影響について屋外暴露試験により、それぞれ引張り、曲げ、疲労特性及び曲げ特性の経時的変化をしらべて有用な知見を得ている。さらに第10章ではFRP実製品について屋外暴露試験と促進試験を行って成形法と耐候性との関係、有効な促進試験法の選択上の指針を与えている。

第11章は結論である。

以上要するに、本論文は各種熱可塑性プラスチックについて屋外暴露試験と各種の促進劣化試験を行い、その相関を明確にすることによって高耐候性材料・製品の設計、規格確立への指針、ならびに、耐候性の予測法に関して多くの新しい知見を提供したもので、機械工学ならびに材料工学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。